

SU 1118900  
OCT 1984

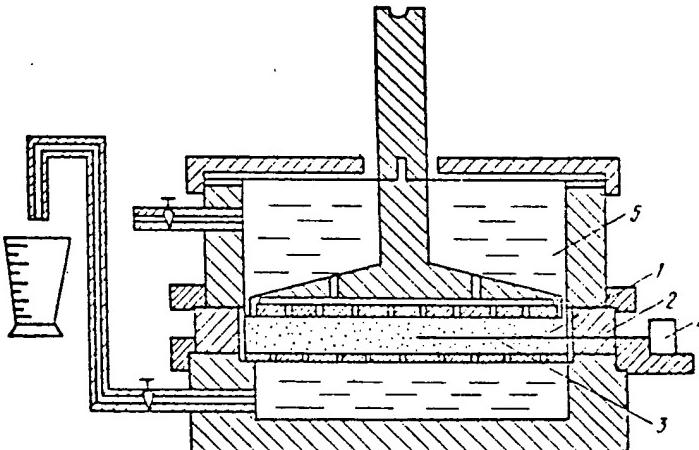
*R04*

LEEG ★ S03 85-114796/18 ★ SU 1118-900-A  
Determination of filtration coefft. of soil - by placing pore pressure sensor in soil before compression

LENGD ENG CONS INST(VEDH) 19.08.83-SU-636046  
(15.10.84) G01n-15/08  
19.08.83 as 636046 (1503RB)

The test sample of soil (1) is placed in the central cell (2), the pore pressure needle sensor (3) is passed into the soil and the test sample of soil is preliminarily compressed. After deformation of the test sample has been stabilised for each degree of loading, the coefft. of filtration is determined. The upper cell (5) is filled with water and hydrostatic pressure is applied through it.

Simultaneously, the pore pressure is continually measured by



the sensor and recorded on a self-recorder. A graph is drawn, of the pore pressure of the sample against time, after preliminarily compressing the sample under a determined loading. The coefft. of filtration for the test sample is calculated by formula, using values taken from different sections of the graph.

USE - Determination of the physical-mechanical properties of soil, during construction of roads and airfield runways.  
Bul.38/15.10.84 (5pp Dwg.No.1/2)

N85-086081

S3-E14E S3-F6B

© 1985 DERWENT PUBLICATIONS LTD.  
128, Theobalds Road, London WC1X 8RP, England  
US Office: Derwent Inc. Suite 500, 6845 Elm St. McLean, VA 22101  
*Unauthorised copying of this abstract not permitted.*

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1118900 A

3 (50) G 01 N 15/08

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 3636046/18-25

(22) 19.08.83

(46) 15.10.84. Бюл. № 38

(72) А.В.Голли, О.Р.Голли,  
Б.И.Далматов и О.А.Шулятьев

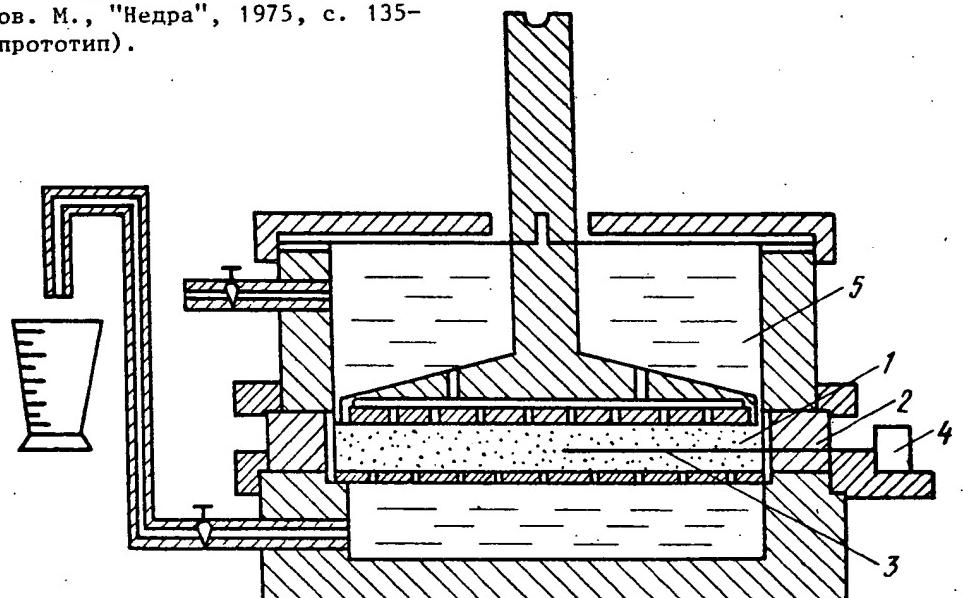
(71) Ленинградский ордена Октябрьской Революции, ордена Трудового Красного Знамени инженерно-строительный институт и Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники им. В.Е.Веденеева

(53) 539.217(088.8)

(56) 1. Булычев В.Г.Механика дисперсных грунтов. М., "Недра", 1974, с.63.

2. Чаповский Е.Г. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов. М., "Недра", 1975, с. 135-137 (прототип).

(54)(57) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ ГРУНТА, заключающийся в приложении к образцу грунта гидростатического давления, отличающийся тем, что, с целью сокращения времени определения, перед приложением гидростатического давления в образце грунта размещают иглу датчика порового давления и одновременно с приложением гидростатического давления регистрируют зависимость порового давления от времени, используя которую рассчитывают коэффициент фильтрации.



Фиг.1

Изобретение относится к фундаментостроению, в частности к способам определения физико-механических свойств грунта, и может быть использовано при строительстве дорог и аэродромных покрытий.

Известен способ определения коэффициента фильтрации при действии падающего напора, заключающийся в том, что образец грунта подвергается действию падающего напора за счет приложения гидростатического давления сверху образца, который вызывает процесс фильтрации жидкости через образец. Отфильтрованная жидкость отводится в мерный сосуд. Определяется момент начала установившегося процесса фильтрации, т.е. стабилизации скорости фильтрации. Затем по величине действующего напора, скорости фильтрации, высоте и площади поперечного сечения образца определяется коэффициент фильтрации [1].

Недостатки способа - его длительность, а также непостоянство напора.

Наиболее близким техническим решением к предлагаемому является способ определения коэффициента фильтрации грунта, заключающийся в приложении к образцу грунта гидростатического давления. Перепад давления на образце поддерживают постоянным. После достижения стабилизации скорости фильтрации измеряют расход жидкости, на основании которого рассчитывают коэффициент фильтрации [2].

Недостаток известного способа - длительность измерений, обусловленная необходимостью достижения стационарного режима фильтрации. Длительная фильтрация может приводить также к испарению профильтровавшейся жидкости из мерного сосуда и к возможным механической и химической субъективизмом грунта, что снижает точность определения.

Целью изобретения является сокращение времени определения.

Поставленная цель достигается тем, что согласно способу определения коэффициента фильтрации грунта, заключающемуся в приложении к образцу грунта гидростатического давления, перед приложением гидростатического давления в образце грунта размещают иглу датчика порового давления и одновременно с приложением гидростатического давления регистрируют зависимость порового давления от времени,

используя которую рассчитывают коэффициент фильтрации.

При действии напора за счет приложения гидростатического давления возникает фильтрация и повышается давление в поровой воде, а следовательно, сжимается газ, обычно присутствующий в грунте.

Сжатие газа происходит по закону Клапейрона-Менделеева. Полагая неизменяемость в процессе фильтрации за время  $\Delta t$  объема поры грунта, получаем, что изменение объема газа ( $\Delta V_g$ ) равно изменению объема воды в данной поре ( $\Delta V_w$ ):

$$\Delta V_g = \Delta V_w \quad (1)$$

Таким образом, исследуя скорость изменения порового давления во времени, можно определить скорость изменения объема воды.

Из закона Клапейрона-Менделеева получаем:

$$\frac{V_{gH} P_{gH}}{T_H} = \frac{V_{g1} P_{g1}}{T_1} = \frac{V_{g2} P_{g2}}{T_2},$$

где  $V_{gH}$ ,  $V_{g1}$ ,  $V_{g2}$  - начальный и последующие объемы газа;

$P_{gH}$ ,  $P_{g1}$ ,  $P_{g2}$  - начальное и последующие давления газа;

$T_H$ ,  $T_1$ ,  $T_2$  - начальная и последующие температуры газа.

Принимая  $T_H = T_1 = T_2$  (процесс изотермический), получим, что объем газа  $V_{g1}$  при давлении в газе  $P_{g1}$  равен:

$$V_{g1} = \frac{P_{gH} \cdot V_{gH}}{P_{g1}}. \quad (1)$$

Аналогично

$$V_{g2} = \frac{P_{gH} V_{gH}}{P_{g2}}.$$

Следовательно, изменение объема газа  $\Delta V_g$  за время  $\Delta t$  равно:

$$\Delta V_g = V_{g1} - V_{g2} = \frac{V_{gH} P_{gH} (P_{g2} - P_{g1})}{P_{g1} P_{g2}}. \quad (2)$$

С другой стороны, объем  $V_{B1}$  воды, профильтровавшейся в элементарный слой (в котором производится измерение порового давления) за время  $\Delta t$  равен, согласно закону Дарси:

$$V_{B1} = K_f \Delta t F \frac{\Delta P_1}{\Delta Z_1 \rho_b g}, \quad (3)$$

где  $V_{B1}$  - объем воды, профильтровавшейся в рассматриваемый элементарный слой;

$\Delta t$  - время, за которое произошла фильтрация объема воды в рассматриваемый элементарный слой;

$F$  - площадь поперечного сечения образца, через который происходит процесс фильтрации;

$$\text{где } \Delta P_1 = P_{\text{верх}} - P_{\text{ср}},$$

$P_{\text{верх}}$  - действующее гидростатическое давление сверху образца грунта;

$P_{\text{ср}}$  - среднее значение порового давления в рассматриваемом элементарном слое грунта за промежуток времени  $\Delta t$ ;

$Z_1$  - расстояние от верхней точки образца до входного отверстия иглы датчика порового давления;

$\rho_b$  - плотность воды;

$g$  - ускорение свободного падения;

$k_f$  - коэффициент фильтрации.

Наряду с фильтрацией воды в элементарный исследуемый слой грунта происходит и инфильтрация воды из него.

Объем воды, инфильтрованной из данного слоя, равен:

$$V_{B2} = k_f \Delta t F \frac{\Delta P_2}{Z_2 \rho_b g}, \quad (4)$$

где  $\Delta t$  - время, за которое произошла инфильтрация воды объема  $V_{B2}$  из рассматриваемого слоя;

$P_{\text{ниж}}$  - гидростатическое давление в нижней точке образца;

$Z_2$  - расстояние от низа образца грунта до входного отверстия иглы датчика порового давления.

Таким образом, изменение объема воды равно:

$$\Delta V_B = V_{B1} - V_{B2} = k_f \Delta t F \left( \frac{\Delta P_1}{Z_1} - \frac{\Delta P_2}{Z_2} \right). \quad (5)$$

Сопоставляя выражения (1), (2), (4), получим:

$$\frac{V_{\text{ГН}} P_{\text{ГН}} (P_{\text{Г2}} - P_{\text{Г1}})}{P_{\text{Г1}} P_{\text{Г2}}} = k_f \Delta t F \left( \frac{\Delta P_1}{Z_1} - \frac{\Delta P_2}{Z_2} \right) \frac{1}{\rho_b g} \quad 50$$

или

$$k_f = \frac{P_{\text{ГН}} V_{\text{ГН}} (P_{\text{Г2}} - P_{\text{Г1}}) \rho_b g}{P_{\text{Г1}} P_{\text{Г2}} \Delta t F \left( \frac{\Delta P_1}{Z_1} - \frac{\Delta P_2}{Z_2} \right)} \quad 55$$

Начальное давление газа вычисляется по уравнению Лапласа:

$$P_{\text{НГ}} = P_{\text{ат}} + P_w - P_{\text{н.п.}} + \frac{2\alpha}{R_o},$$

где  $P_{\text{ат}}$  - атмосферное давление;  
 $P_{\text{н.п.}}$  - давление насыщенного пара;  
 $P_w$  - избыточное давление в поровой воде;

10  $\frac{2\alpha}{R_o}$  - поверхностное натяжение воды.  
 Оценки показывают, что величина

ми  $P_{\text{н.п.}}$  и  $\frac{2\alpha}{R_o}$  можно пренебречь. Тогда изменение давления газа равно изменению давления в поровой воде ( $\Delta P_g = \Delta P_w$ ). Обозначим отношение начального объема газа к начальному объему всего образца грунта через  $S$  (относительный начальный объем газа в образце грунта), т.е.

$$S = \frac{V_{\text{ГН}}}{V_{\text{нобр}}}$$

Начальный объем образца грунта равен:

$$V_{\text{нобр}} = Fh,$$

где  $F$  - площадь поперечного сечения образца грунта;  
 $h$  - высота образца грунта.  
 Следовательно,

$$k_f = \frac{\Delta P_h S P_{\text{Н}} \rho_b g}{\Delta t P_1 P_2 \left( \frac{\Delta P_1}{Z_1} - \frac{\Delta P_2}{Z_2} \right)}. \quad (6)$$

Таким образом, по скорости изменения порового давления по формуле (6) определяют коэффициент фильтрации.

В таблице представлены результаты определения коэффициента фильтрации.

На фиг. 1 схематически представлено устройство, реализующее предлагаемый способ; на фиг. 2 - зависимость изменения порового давления во времени.

П р и м е р. Проводилось определение коэффициента фильтрации водонасыщенного глинистого грунта, имеющего следующие характеристики:

|   |       |
|---|-------|
| Влажность $W$                           | 0,34  |
| Удельная вес $\gamma$ , $\text{kN/m}^3$ | 17,3  |
| Коэффициент пористости $e$              | 0,96  |
| Степень водонасыщения $G$               | 0,945 |

|   |   |        |
|---|---|--------|
| 5 | Начальный относительный объем газа $S$  | 0,026  |
|   | Высота образца $h$ , см   | 3,5    |
|   | Площадь поперечного сечения образца $F$ , $\text{см}^2$   | 150    |
|   | Плотность воды $\rho_w$ , $\text{кг}/\text{см}^3$   | $10^3$ |
|   | Игла внедрена так, что ее входное отверстие находится на расстоянии $Z_1 = 2,1$ см от верха образца и $Z_2 = 1,4$ см от низа образца. |        |

Определение коэффициента фильтрации проводилось на гидрокомпрессионном приборе, изображенном на фиг. 1. Сразу после установки исследуемого образца грунта 1 в среднюю камеру 2 в него внедрялась игла 3 датчика порового давления 4 и производились компрессионные испытания образца грунта. После стабилизации деформации грунта от каждой ступени нагрузки производилось определение коэффициента фильтрации как предлагаемым, так и известным способами. Для этого в верхнюю камеру 5, предварительно заполненную водой, подавалось гидростатическое давление. Одновременно с этим непре-

$$K_f = \frac{0,0011 \cdot 0,026 \cdot 3,5 \cdot 10^3 \cdot 0,1}{1,60 \cdot 0,1025 \cdot 0,1036 \left( \frac{0,12 - 0,1030}{2,1} \right) - \frac{0,103}{1,4}} = 2,8 \cdot 10^{-9} (\text{м}/\text{сек})$$

Аналогичным образом находятся остальные значения  $K_f$ . По полученным пяти значениям  $K_f$  находится его среднеарифметическое значение.

Таким образом, для определения коэффициента фильтрации предложенным способом потребовалось 7,5 мин.

После стабилизации процесса фильтрации, что было зафиксировано через 12 ч, были проведены контрольные замеры расходы воды и определен  $K_f$  способом прототипом, значение которого

равно определялось поровое давление. Запись значений порового давления, определяемого с помощью датчика порового давления, осуществлялась самописцем. Одна из полученных кривых изменения порового давления  $P$  во времени  $t$  после предварительного уплотнения образца грунта под поршневой нагрузкой 0,12 МПа и приложении к образцу сверху гидростатического давления 0,02 МПа представлена на фиг. 2.

По полученной кривой, используя формулу (6), было определено пять значений коэффициента фильтрации для различных участков кривой. Значения порового давления и определенный по ним коэффициент фильтрации приведены в таблице.

За первый расчетный промежуток времени  $\Delta t = 1$  мин произошло изменение порового давления с  $P_1 = 0,1025$  МПа до  $P_2 = 0,1036$  МПа, т.е.  $\Delta P = 0,0011$  МПа,  $P_f = 0,1031$  МПа (см. табл. и фиг. 2).

Таким образом,  $K_f$  согласно формуле (6) равен:

$$K_f = \frac{0,0011 \cdot 0,026 \cdot 3,5 \cdot 10^3 \cdot 0,1}{1,60 \cdot 0,1025 \cdot 0,1036 \left( \frac{0,12 - 0,1030}{2,1} \right) - \frac{0,103}{1,4}} = 2,8 \cdot 10^{-9} (\text{м}/\text{сек})$$

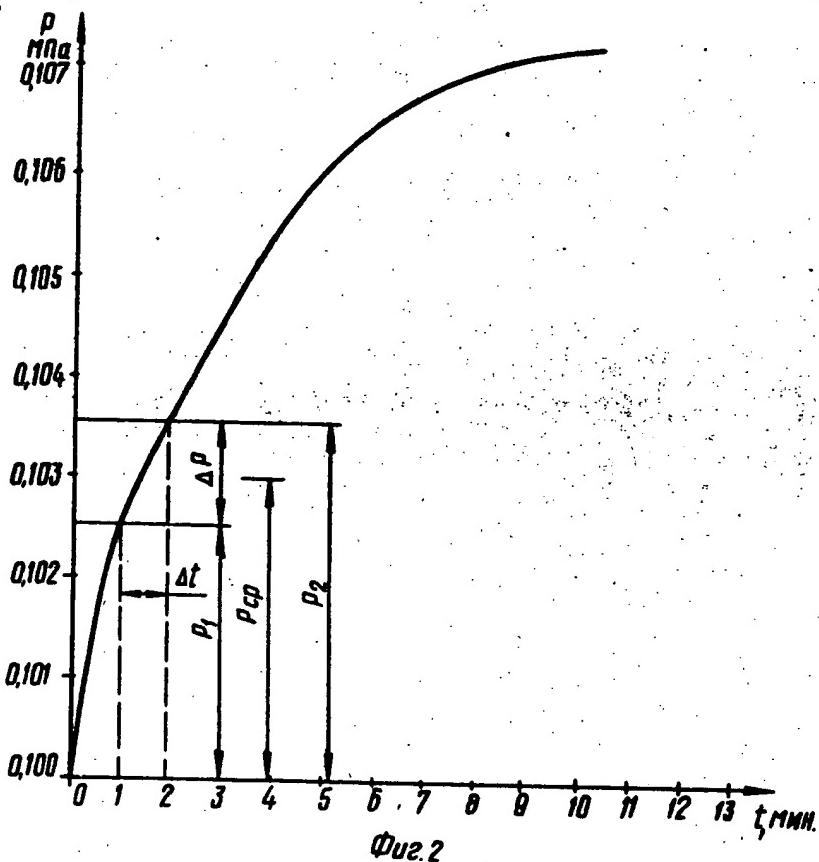
соответствовало значению, полученному предлагаемым способом, однако время определения возросло более чем в 100 раз.

Необходимо отметить, что для применения предлагаемого способа не требуется изготовления специального оборудования. Способ можно применять при проведении испытаний в любом фильтрационном или гидрокомпрессионном приборе, имеющем датчик порового давления.

| Время $t$ от момента приложения гидростатического давления, мин | Значение порового давления в момент времени $t$ , МПа | Промежуток времени $\Delta t$ , мин | Изменение порового давления $\Delta P$ , МПа | Среднее значение порового давления $P_{ср}$ , МПа | Коэффициент фильтрации $K_f$ , $10^{-9} \text{ м}/\text{сек}$ | Среднее значение $K_f$ , $10^{-9} \text{ м}/\text{сек}$ |
|---|---|-------------------------------------|--|---|---|---|
| 1,0   | 0,1025  | 1,0                                 | 0,0011                                       | 0,1031  | 2,8   | 7   |
| 2,0   | 0,1036  | 1,0                                 | 0,0010                                       | 0,1041  | 3,3   | 3,3±0,5   |
| 3,0   | 0,1046  | 1,0                                 | 0,0009                                       | 0,1051  | 3,8   |   |
| 4,0   | 0,1055  | 1,0                                 | 0,0006                                       | 0,1058  | 3,5   |   |

Продолжение таблицы

| 1   | 2      | 3   | 4      | 5      | 6   | 7 |
|-----|--------|-----|--------|--------|-----|---|
| 5,0 | 0,1061 | 2,5 | 0,0009 | 0,1066 | 3,2 |   |
| 7,5 | 0,1070 |     |        |        |     |   |



Составитель А.Кощеев  
Редактор М.Циткина Техред Т.Фанта Корректор М.Максимишинец

Заказ 7443/30 Тираж 822 Подписьное  
ВНИИПИ Государственного комитета СССР  
по делам изобретений и открытий  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г.Ужгород, ул.Проектная, 4

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**